



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Sami Soininen

3D-KOORDINAATTIMITTAKONEEN KÄYTTÖÖNOTTO AUTOMATISOIDUS- SA TUOTANTOLINJASSA

3d-koordinaattimittaus

Tekniikka
2016

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Sami Soininen
Opinnäytetyön nimi	3d-mittauskone automaattisessa tuotantolinjassa
Vuosi	2016
Kieli	suomi
Sivumäärä	36 + 1 liitettä
Ohjaaja	Hannu Hyvärinen

Opinnäytetyö tehtiin Wärtsilä Finland Oy:n laatuosastolle. Työn tarkoituksena oli selvittää 3d-mittauskoneen asennukseen, koneen vaatimuksiin ja käyttöönottoon liittyviä seikkoja.

Opinnäytetyö aloitettiin mittauskoneen mekaanisella asennuksella, käyttöönotto-kalibroinnilla sekä palettiradan ja paletin asennuksella. Samalla selvitettiin mittakärkien tarpeellisuus ja jo olemassa olevien mittausohjelmien soveltuvuus uuteen sovellukseen. Lisäksi uusina asioina sovellukseen tuli täysin miehittämätön automaattiajo joka sisältää tulosten automaattisen tallennuksen ja verifiointin siten että mittauskone kertoo robotille oliko kappale hyvä vai virheellinen toleranssien puitteissa.

Työn lopputuloksena saatiin täysin automaattisesti tapahtuva kappaleen mittaus, joka tallentaa mittapöytäkirjat automaattisesti ja syöttää itsenäisesti ennalta määritellyt mitat Wärtsilän sisäiseen QDMS-järjestelmään sekä kertoo robotille onko kappale hyvä vai virheellinen.

ABSTRACT

Author	Sami Soininen
Title	Coordinate measuring machine in automatic production line
Year	2016
Language	Finnish
Pages	36 + 1 Appendices
Name of Supervisor	Hannu Hyvärinen

This thesis were done for production quality department of Wärtsilä Finland Oy. The aim of the study is focused on the installation, requirements and commissioning of coordinate measuring machine.

At the beginning, this thesis introduces the mechanical installing process of the measuring machine and conduction of the first time calibration and installing process of pallette system. Survey was carried out for defining the needed measurement probes. Old measurement programs were tested and implemented with the new measuring machine. The innovation with the new measurement machine is that the machine is operating fully automatic including recording of measurement data and assuring the dimensional quality.

As the result of the project the measurement machine is operating automatically, saves the measurement record tables automatically and inputs some pre-defined dimensions in Wärtsilä Quality Data Management System. Also the automatic quality assurance is working as desired.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	9
2	WÄRTSILÄ	10
	2.1 Marine Solutions	10
	2.2 Energy Solutions	11
	2.3 Services.....	12
	2.4 Wärtsilän historia.....	12
	2.5 Wärtsilä Vaasassa.....	13
3	LÄHTÖKOHDAT.....	14
4	KOORDINAATTIMITTAUS	15
5	KOORDINAATTIMITTAUSKONE.....	17
	5.1 Koneiden koordinaatistot.....	18
	5.2 Mittausanturit	18
	5.3 Mittaaminen.....	18
	5.4 Mittauskyky	19
	5.5 Koordinaattimittauskoneen rakenne	19
	5.6 Automaatio	21
6	PÄÄVAIHEET.....	23
	6.1 Mittauskoneen vaatimukset	23
	6.2 Mittauskoneen mekaaninen asennus	23
	6.2.1 Mittauskoneen asennus	23
	6.2.2 Mittahuoneen asennus.....	25
	6.2.3 Palettiradan asennus.....	27
	6.3 Mittauskoneen kalibrointi sekä käyttöönotto	29
	6.4 Mittausohjelmien luominen	32
	6.5 Pinnankarheusmittaus.....	33
	6.6 QDMS-interface	33
	6.7 SPC	34

7	YHTEENVETO	35
	7.1 Työn tulokset	35
	7.2 Jatkokehittely	35
	LÄHTEET	36
	LIITTEET	

KUVIOLUETTELO

Kuvio 1.	Ilmatyynyt asennettuna	s.17
Kuvio 2.	Mittauskone asennettu ilmatyynyjen varaan	s.17
Kuvio 3.	Mittaushuone rakenteilla	s.19
Kuvio 4.	Mittaushuone asennettuna	s.19
Kuvio 5.	Palettirata ja paletti asennettuna mittauskoneen pöydälle	s.21
Kuvio 6.	Kalibrointia x-suunnassa.	s.22
Kuvio 7.	Kalibrointia x, y ja z-suunnassa	s.23

LIITELUETTELO

LIITE 1. Mittausohjelman rakennetta

1 JOHDANTO

Tässä työssä käsiteltiin uuden 3D-koordinaattimittakoneen käyttöönottoa automatisoidussa tuotantolinjassa. Mittakoneen mukana tulevia muutoksia/uusia asioita, verrattuna Wärtsilän nykyisiin mittakoneisiin olivat, miehittämätön automaattiajo, palettirata jota lastataan ja puretaan robotilla, koskettava lämpötilamittaus, pinnan karheusmittaus, QDMS(Quality Data Management System)-interface minkä avulla siirretään mittatulokset suoraan automaattisesti Wärtsilän sisäiseen QDMS-järjestelmään sekä SPC mittausdatan keräys/seurantajärjestelmä.

2 WÄRTSILÄ

Wärtsilä on kansainvälisesti johtava merenkulun ja energiamarkkinoiden voimarakkaisujen toimittaja, joka tulee asiakasyrityksiä tuotteiden koko elinkaaren ajan. Wärtsilä maksimoi alusten ja voimalaitosten ympäristötehokkuuden ja taloudellisuuden keskittymällä teknologisiin innovaatioihin ja kokonaishyötysuhteeseen. Vuonna 2014 Wärtsilän liikevaihto oli 4,8 miljardia euroa ja henkilöstömäärä noin 17 700. Yrityksellä on yli 200 toimipistettä lähes 70 maassa eripuolilla maailmaa. Wärtsilän osakkeet on listattu Nasdaq Helsingissä. /1/.

Wärtsilä vuonna 2014:

Liikevaihto 4 779 milj. euroa

Liiketulos 569 milj. euroa

Tilaukset 5 084 milj. euroa

Tilaukset vuoden lopussa 4 530 milj. euroa

Henkilöstö vuoden lopussa 17 717

2.1 Marine Solutions

Wärtsilä tukee meriteollisuusasiakkaidensa liiketoimintaa tarjoamalla heille tehokkaita, taloudellisia ja ympäristömyötäisiä integroitua järjestelmiä, ratkaisuja ja tuotteita. Alan teknologiajohtajuus ja kokenut, osaava ja omistautunut henkilöstö luovat meille edellytykset räätälöidä innovatiivisia, optimoituja elinkaariratkaisuja eri puolilla maailmaa toimiville asiakkaillemme. Wärtsilä on johtava laivojen koneisto- sekä propulsio- ja ohjausjärjestelmien toimittaja. Wärtsilä toimittaa moottoreita, aggregaattoreita, alennusvaihteita, propulsiolaitteistoja, valvontajärjestelmiä sekä tiivisteratkaisuja kaikenlaisiin aluksiin ja offshore-sovelluksiin. Wärtsilällä on vahva markkina-asema kaikilla merenkulun pääsegmenteillä koneistojen ja järjestelmien toimittajana. /1/.

Wärtsilä vuonna 2014:

Liikevaihto 1 702 milj. euroa

Tilaukertymä 1746 milj. euroa

Tilaukanta vuoden lopussa 2 213 milj. euroa

Henkilöstö vuoden lopussa 5 603

2.2 Energy Solutions

Wärtsilä on hajautetun energiatuotannon markkinoiden joustavien voimalaratkaisujen toimittaja. Kilpailukykyiset ja luotettavat ratkaisumme kattavat perusvoimatuotannon, sähköverkon vakaaseen toimintaan ja kuormitushuippujen tasaamiseen tarkoitettut voimalat, teollisuuden oman energiantuotannon sekä öljy- ja kaasuteollisuuden tarpeet. Luomme ylivertaista lisäarvoa hajautetuilla, joustavilla, tehokkailla ja ympäristömyötäisillä energiaratkaisuillamme, jotka mahdollistavat maailmanlaajuisen siirtymisen kestävämpään ja uudenaikaisempaan energiainfrastruktuuriin. Wärtsilän tarjoamien laitosten vahvuuksia ovat joustavat ratkaisut, korkea hyötysuhde ja alhaiset päästöt. Wärtsilällä on vahva markkina-asema kaikilla pääsegmenteillään. /1/.

Wärtsilä vuonna 2014:

Liikevaihto 1 138 milj. euroa

Tilaukertymä 1 293 milj. euroa

Tilaukanta vuoden lopussa 1 475 milj. euroa

Henkilöstö vuoden lopussa 978

2.3 Services

Wärtsilä tukee asiakasta toimitetun järjestelmän koko elinkaaren ajan optimoimalla laitteiston hyötysuhdetta ja suorituskykyä. Tarjoamme toimialan kattavimman palveluvalikoiman ja laajimman palveluverkoston sekä voimala- että merenkulunmarkkinoilla toimiville asiakkaillemme. Olemme sitoutuneet tarjoamaan korkeaa laatua ja asiantuntevaa tukea sekä varmistamaan palveluiden saatavuuden kaikkialla, missä asiakkaamme toimivat – ympäristön kannalta parhaalla mahdollisella tavalla. Wärtsilä huoltaa ja kunnostaa sekä laivojen koneistoja että voimaloita. Perinteisen huoltotoiminnan rinnalla Wärtsilä on laajentanut palvelujaan innovatiivisiin asiakkaan liiketoimintaa tukeviin palveluihin. Näitä ovat esimerkiksi merkkiriippumaton huolto maailman pääsatamissa sekä ennakoiva ja moottorien kuntoon perustuva huolto ja koulutus. /1/.

Wärtsilä vuonna 2014:

Liikevaihto 1 939 milj. euroa

Tilauuskertymä 2 045 milj. euroa

Tilauuskanta vuoden lopussa 842 milj. euroa

Henkilöstö vuoden lopussa 10 692

2.4 Wärtsilän historia

Wärtsilä perustettiin 1834, kun Karjalan läänin maaherra antoi oikeuden sahan rakentamiseen Tohmajärven kunnassa sijaitsevan kosken partaalle. Vuonna 1851 sahan tilalle rakennettiin Wärtsilän rautatehdas. Wärtsilän ensimmäiset laivatelakat hankittiin vuonna 1935 kun Wärtsilä osti Kone- ja Siltarakennus Oy:n osakeenemmistön ja näin sai hallintaansa myös helsinkiläisen Hietalahden laivatelakan (perustettu 1865) ja turkulaisen Crichton-Vulcanin telakan(perustettu vuonna 1741). Kone- ja Siltarakennus Oy valmisti mm. paperikoneita ja Abloy-lukkoja. Vuonna 1936 Wärtsilä osti Onkilahden konepajan Vaasassa ja seuraavana vuonna

Pietarsaaren konepajan. 1938 Dieselmoottorikausi käynnistyi, kun Wärtsilä solmi lisenssisopimuksen Friedrich Krupp Germania Weft AG:n kanssa. Ensimmäinen moottori valmistui Turussa marraskuussa 1942. /1/.

1974 Wärtsilä alkoi rakentaa uutta telakkaa Pernoon Turkuun, johon Turun telakka muutti kokonaisuudessaan vuoteen 1983 mennessä. Vuonna 1978 Wärtsilä osti ruotsalaiselta Boforsilta 51 % sen NOHAB-dieselmoottoritoiminnasta. Tämä aloitti Wärtsilän kansainvälisen tuotantotoiminnan. Loput osakkeista ostettiin 1984. Vuoden 1986 pitkittynyt maailmalaajuinen telakkateollisuuden kriisi johti Wärtsilän ja Valmetin telakkateollisuuden yhdistämiseen, ja Wärtsilä Meriteollisuus Oy:n muodostamisesta sovittiin. Vuonna 1989 Wärtsilä Meriteollisuus Oy haettiin konkurssiin. /1/.

Vuonna 1990 Wärtsilä fuusioitui Lohjan kanssa, ja uudeksi nimeksi tuli Metra Oy Ab. Seuraavana vuonna Wärtsilä myy 35 % omistusosuutensa Valmet Paperikoneet Oy:stä Valmetille. 1997 Metra ja Fincantieri sopivat dieseltointojensa yhdistämisestä, näin syntyi Wärtsilä NSD. Vuonna 2000 Metra osti Fincantierin 15,4 % osuuden Wärtsilä NSD:stä, samalla Metrasta tuli Wärtsilä NSD:n ainoa omistaja. Samana vuonna Metra muutti nimensä Wärtsiläksi. Vuonna 2004 Wärtsilä ilmoitti Turun moottoritoiminnan lopettamisesta. Vuonna 2007 Vaasaan rakennettiin uusi moottoreiden kokoonpanohalli sekä logistiikkakeskus /1/.

2.5 Wärtsilä Vaasassa

Wärtsilän Vaasan toimipaikka on Wärtsilän suurin Suomessa. Suomessa Wärtsilä työllistää yli 3600 henkilöä. Muita toimipaikkoja Suomessa on Helsingissä, Turussa ja Vuosaarella. Vaasan toimitusyksikkö valmistaa moottoreita myyville yksiköille, kuten Marine solutions ja Energy solutions. Vaasan toimipaikan toimintaan kuuluu myös tärkeimpien komponenttien koneistus. Lisäksi Vaasassa on Wärtsilän nelitahtimoottoreiden Tutkimus- ja Kehityskeskus. Osa Tutkimus- ja Kehityskeskuksen henkilöstöstä sijaitsee Turussa. /1/.

3 LÄHTÖKOHDAT

Uuden koneistuskeskuksen yhteyteen saatiin investoitua uusi automatisoituun tuotantolinjaan sisältyvä 3d-koordinaattimittakone. Mittakone on tuotantotiloihin soveltuva, mutta kuitenkin sille rakennetaan erillinen ilmastoitu koppi. Mittaus on tarkoitus toteuttaa täysin automaattisena(miehittämättömänä), ongelmatilanteita lukuun ottamatta. Tämä tuo mukanaan useampia uusia haasteita. Kappaleiden puhtaus, tarpeeksi nopea mittaus(kaikki kappaleet mitataan), lämpötilat, sekä robotille että mittaukseen soveltuva kiinnitin/paletti, palettirata mittauskoneen pöydälle ja uusien ohjelmien ohjelmointi mitattaville kappaleille.

4 KOORDINAATTIMITTAUS

Koordinaattimittaus on digitointia, jossa mielivaltaisen pisteen paikka voidaan määrittää koneen mekaanissähköisen rakenteen rajoittamassa avaruudessa. Koordinaattimittauskoneen keskeisen osan muodostaa geometrisesti tarkka mekaaninen koordinaatisto (johteet), jonka avulla koneen luistit voivat liikkua mahdollisimman suoraviivaisesti ja kohtisuorasti toisiinsa nähden. Lisäksi on tärkeä, että tiedetään tarkasti näiden luistien asemat koordinaattiakselilla. Asemien mittaus tapahtuu tarkan sähköisen koordinaatiston (mittasauvan) avulla. Välttämätön komponentti on myös mittauspää, jonka avulla saadaan informaatiota mittaushaasteesta. /2/

Yksi koordinaattimittauksen tärkeimmistä sovellusalueista on geometristen toleranssien tarkastus. Erityisesti näissä mittauksissa nousee koordinaattimittauksen nopeus keskeiseksi ominaisuudeksi. Koordinaattimittauksella voidaan saada selkeää ajansäästöä, verrattuna konventionaalisen tasomittauksena tehtäviin tarkastuksiin. Lisäksi on runsaasti mittauksia, joita ei voida muulla keinoin tehdä. Yksi koordinaattimittauksen olennaisia ominaisuuksia on joustavuus ja universaalisuus. Koordinaattimittauskoneella voidaan ratkaista hyvin erilaisia mittausteknisiä ongelmia, koska se on laajalle kappale- ja geometriaryhmälle soveltuva yleismittauskone. /2/

Koordinaattimittauskone tuottaa ainoastaan koordinaatti-informaatiota, jolla sinällään ei tavallisesti ole käyttöä. Tietokone ja siinä toimiva ohjelmisto, jonka avulla mitatut pisteet yhdistetään elementeiksi ja lasketaan poikkeamia tavoitearvoista tai muodoista, on keskeinen osuus koordinaattimittausta. Koska mittaus tapahtuu sähköisten anturien avulla, ovat mittaustulokset automaattisesti sähköisessä muodossa. Tästä seuraa se, että koordinaattimittauskoneesta saadaan helposti tietojärjestelmän osa. Modernin mittaustulosten dokumentoinnin ja edelleen käsittelyn (SPC) kannalta on tämä perusedellytys. /2/

Koordinaattimittauskoneen pääkomponentit ovat:

- kone ja liikkeet
- asteikot ja NC-ohjain
- referenssi ja työkappalekoordinaatisto
- mittauspää, anturit ja mittakärjet
- pisteiden rekisteröinti ja kohde
- mitoitus ja kiinnitys
- mittausvaatimukset ja mittausstrategia
- mittausohjelmisto ja kappaleohjelma
- tulosteet, tietokone ja verkko
- mittaaja ja ympäristö. /2/

5 KOORDINAATTIMITTAUSKONE

Koordinaattimittauskoneella määritetään anturia, mekaanista tai optista, liikuttamalla kohteesta pisteiden koodinaatit tasossa tai avaruudessa. Mittauskoneet ovat käsikäyttöisiä, motorisoituja tai numeerisesti ohjattuja. Numeerisesti ohjatun mittauskoneen tarkoitus on automaattisesti mitata työkappale tai useita ilman koneen käyttäjää. Tämä on mahdollista kappalekohtaisen mittausohjelman, pisteiden automaattisen rekisteröinnin ja servo-ohjattujen koneen liikkeiden avulla. /2/

Mittauskoneessa on käytettävissä kappaleohjelma, jolla muodostetaan kappalekoordinaatisto, mitattujen pisteiden avulla geometrioita, lasketaan muotovirheet ja verrataan tuloksia toleransseihin. Kappalegeometria muodostetaan yksittäisistä mitatuista pisteistä. Koskettavalla kärjellä mitattaessa pisteet ovat aina kappaleen geometrioiden pinnalla. Mittauskoneen mittausohjelmistolla kalibroidaan koneen mittauspää. Se käsittelee mitattuja pisteitä, laskee koneen liikeakselien paikka- ja anturitietojen perusteella kosketuskohdat kohteen pinnalta, muodostaa kosketuspisteistä geometrioita, laskee niiden avulla uusia elementtejä, tilastollisia parametreja ja vertaa tuloksia nimellismuotoon. /2/

Mittausohjelmia on erilaisia perusgeometrian tasojen, reikien, kartioiden, akseleiden, suorien jne. mittaamisesta hammaspyörien, kierteiden sekä putkien mittaamiseen. Numeerisesti ohjatun mittauskoneen tarkoitus on suoriutua kappaleiden mittaamisesta ilman koneen käyttäjää. Tämä on mahdollista työkappalekohtaisten mittausohjelmien, automaattisen pisteiden rekisteröinnin ja servo-ohjattujen liikkeiden ansiosta. Ohjelma sisältää kaikki mittaamisessa tarvittavat komennot, ja siksi se on myös erinomainen mittauksen dokumentti. /2/

NC-koneissa on automaattisen mittauksen aikana käytössä useita liikeparametreja, sekä niiden pituuksia ja nopeuksia, joiden avulla mittausanturia kuljetetaan kappaleen ympärillä. /2/

5.1 Koneiden koordinaatistot

Koneiden liikkeitä on nimetty suorakulmaisen koordinaatiston mukaisesti X, Y ja Z ja vastaavat niiden ympäri pyörivät akselit ovat A, B ja C. Akselien nimet valitaan valmistajan perinteiden mukaan. Yleisimmin käytetään XY-piirustuspöydän suuntia. Vertikaali eli pystysuunta on Z kasvaen yleensä kappaleesta poispäin. /2/

5.2 Mittausanturit

Yhä useampi koordinaattimittauskone on varustettavissa erilaisilla ja myös eri valmistajan antureilla. Anturivalmistajien tuotelistoilta löytyvät videokamerat, laserit, mutta ennen kaikkea mittaavia koskettavaan mittaukseen tarkoitettuja mittausantureita. Ennen konevalmistajat olivat sulkeneet laitteensa muilta kuin omilta anturivalmistajilta. /2/

Koordinaattimittauskoneissa käytetään erilaisia mittausperiaatteita ja antureita. Jako on tehty perinteisiin mekaanisesti kappaletta koskettaviin mittauskärkiin ja -antureihin, sekä kappaletta koskemattomiin optisiin mittausmenetelmiin ja vastaaviin -antureihin. On mahdollista käyttää samassa koneessa optista ja mekaanista mittauksia, koska kummallakin on omat vahvuutensa. /2/

5.3 Mittaaminen

Usein ajatellaan väärin, että mittaaminen on nopeaa ja helppoa. Näin voi ollakin jos mittaustyö on rutiinia, hyvin valmisteltua ja ohjelmat helppokäyttöisiä. Mutta usein varsinaista mittauksia edeltää, sekä seuraa monenlaisia toimenpiteitä ns. sivuaikoja, joihin hukkuu helposti pääaikaan verrattuna moninkertaisesti aikaa ja kuluja. /2/

5.4 Mittauskyky

Koordinaattimittauskoneiden huolto, tarkastus ja kalibrointi ovat kaikki eri asioita ja ne tehdään asiakkaan tiloissa kentällä. Kaikkea mittaukseen vaikuttavia tekijöitä ei voida kalibroida, mutta niiden vaikutus mittausepävarmuuteen voidaan laskea tai arvioida. On huomattava, että koordinaattimittakone ei ole ainoa koordinaattimittaukseen vaikuttava epävarmuustekijä. Monet tekijöistä vaikuttavat toisiinsa, kuten käyttäjä, kiinnitys, työkappale, mittaustapa, piirustus, ympäristö jne. Kaikista tärkein tekijä on koneen käyttäjä ja hänen taitonsa hallita kokonaisuutta. Käyttäjän vastuulla on valvoa ympäristöä, ilmastointia, koneen kuntoa ja tehdä tekniset ratkaisut. /2/

5.5 Koordinaattimittauskoneen rakenne

Koordinaattimittauksen pääkomponentit ovat kone ja sen mekaaniset liikkeet, as-teikot, mittauspää, mittaustulosten keruuseen, laskentaan ja jatkokäsittelyyn pystyvä mittausohjelmisto ja mitattava kohde. Mittauskoneiden käyttötapoja on kolme: käsikäyttöinen, motorisoitu tai NC-ohjattu. Käytössä on yleisimmin suoraviivainen ns. oikean käden koordinaatisto, mutta myös pyöriviä akseleita ja niveliä käytetään. Kone kuljettaa mittauspäättä. Mittauspää tarvitaan rekisteröimään kohteen pinnalta mitattava kohta, piste ja sen koordinaatit. Jotta rekisteröidyt pisteet saadaan kerätyksi ja edelleen muutettua tarvittaviksi mittaustuloksiksi sopivaan raportoitavaan muotoon, tarvitaan tietokone, mittausohjelmisto sekä usein työkappaleen mittausohjelma. /2/

Seuraavassa lyhyt lista mittauskoneen perustekijöistä.

Rakenne

- Portaali-, silta-, puomi-, pylväs-, nivelvarsi- ja yhdistelmäkoordinaattimittauskone. Lähes kaikkia malleja valmistetaan sekä kiinteällä tai liikkuvalla mittauspöydällä.
- Erillinen tai koneeseen integroitu pyörö- ja kallistelupöytä.

- Luoksepäästävyys, kappalekoko ja tilantarve
- Materiaali
- Laakerointi
- Asteikot
- Tarkkuus, stabiilisuus
- NC-ohjattu, motoroitu ja käsikäyttö
- Automaattiasete kappaleiden mittaamisessa
- Robusti rakenne – ympäristön sietokyky, värähtelyvaimennus
- Korjaimet: geometria, lämpötilamuutokset ja taipumat
- Kolarisuojaus. /2/

Mittauspääät

- Mekaaninen kosketus: mittaava- tai kytkevä anturi, manuaalinen mittaus, mittauskärjet
- Optinen mittaus: CCD-videokamera, konenäkö, laser, manuaalinen hiusviiva
- Muut anturit: pinnankarheus, lämpötila ja kovuus
- Kiinteästi koneessa, vaihdettava, nivelistukka, automaattiset makasiinit
- Asteikkojen, käänneaitan, nolapisteen ja kärjen taipumien korjaukset sekä mittauskärkien massaerojen kompensointi
- Kolarisuojaus. /2/

Ohjelmisto

- Perusgeometrian mittaus ja geometrisiin, mittatoleransseihin vertaaminen, muoto poikkeamien graafinen esittäminen
- Tilastolliset suureet, SPC
- Erityisohjelmat: pyöräpöytä, kaksoiskaarevat pinnat, hammaspyörät, kierreet jne.
- CAD-perusteiset nimellispinnat
- Digitointi
- Verstaskäyttö (automatisoitu käyttö)
- Tutkimuskäyttö. /2/

Tulosteet

- Paperi, pdf, ASCII, grafiikkatulosteet
- Paikallis-, extranet- tai internet-verkon käyttö
- Tulostuvien käsittely. /2/

5.6 Automaatio

Automaatio pisimmälle vietynä tarkoittaa että FMS:n yhteydessä on mittauskone, jota panostetaan ja puretaan, kuten koneistuskeskusta kenenkään tarvitsematta puuttua ohjelmien käyttöön tai tulosten käsittelyyn. Automatisoitu mittaus vaatii onnistuakseen paljon esityötä. Mittaustyö voidaan valmistella siten, että automaattisesti toistuva saman tuotteen mittaaminen onnistuu. Tähän päästäkseen on oltava valmiina seuraavat asiat:

- Yleisohjeistus sekä tarkat työohjeet automaattiajon käyttöön
- Automaattiajon käynnistämISRutiinit ja alkutoimenpiteet
- Valmiit kiinnittimet, oikea valinta ja asettaminen paikoilleen koneeseen tai palettiradalle.

- Kappaleen kiinnittäminen. Kappale saatava aina lähes samaan asentoon kuin ohjelmaa tehtäessä koneen mittausavaruudessa.
- Mittauskärjet, vain tietty kärkiyhdistelmä toimii oikein mittausohjelmassa, kärkien kunnosta, puhtaudesta sekä kalibroinnista on huolehdittava.
- Mittausohjelma, vain oikea ohjelma on mahdollinen
- Kappaleen karkean paikan osoittaminen
- Mittaustulosten oikeellisuus (että tarvittavat mitat on mitattu ja tulostettu)
- Kappaleen irroittaminen
- Mittauskoneen asettaminen valmiustilaan
- Tukihenkilö jolta saa apua tarvittaessa. /2/

6 PÄÄVAIHEET

6.1 Mittauskoneen vaatimukset

Perehdyttiin automaattisen tuotantolinjan yhteyteen soveltuvan koneen vaatimuksiin. Wärtsilään valittu kone oli varustettu perinteisellä koskettavalla mittauspäällä(anturi). Tehdasolosuhteisiin tarkoitettua mittauskoneelta vaaditaan enemmän asioita kuin laboratorio-olosuhteissa olevalta mittauskoneelta. Tehdasolosuhteissa lähes poikkeuksetta työskennellään likaisemmissa olosuhteissa, joten mittauskoneen suojaus on parannettava. Esimerkiksi Wärtsilään valitussa koneessa on kaikki mittaukseen vaikuttavat johteet, akselit ja asteikot koteloitu hyvin. Samoin mittauskoneen akseleiden (mittausasteikko) ja mitattavan kappaleen lämpötilan mittausta on parannettu. Mittauskoneessa on enemmän antureita jotka mittaavat ja kompensoivat jatkuvasti mittauskoneen eri akseleiden lämpötiloja. Samoin mitattavan kappaleen lämpötilan mittaukseen on olemassa lämpötilan mittaava mittauskärki. Koska mitattavan kappaleen lämpötila voi vaihdella 20 - 30 asteen välillä (johtuen siitä kauanko kappale on ollut varastossa odottamassa mittausta pesukoneen jälkeen), on jokaisen kappaleen lämpötila mitattava ja kompensoitava, että mittaustulokset saadaan luotettaviksi.

6.2 Mittauskoneen mekaaninen asennus

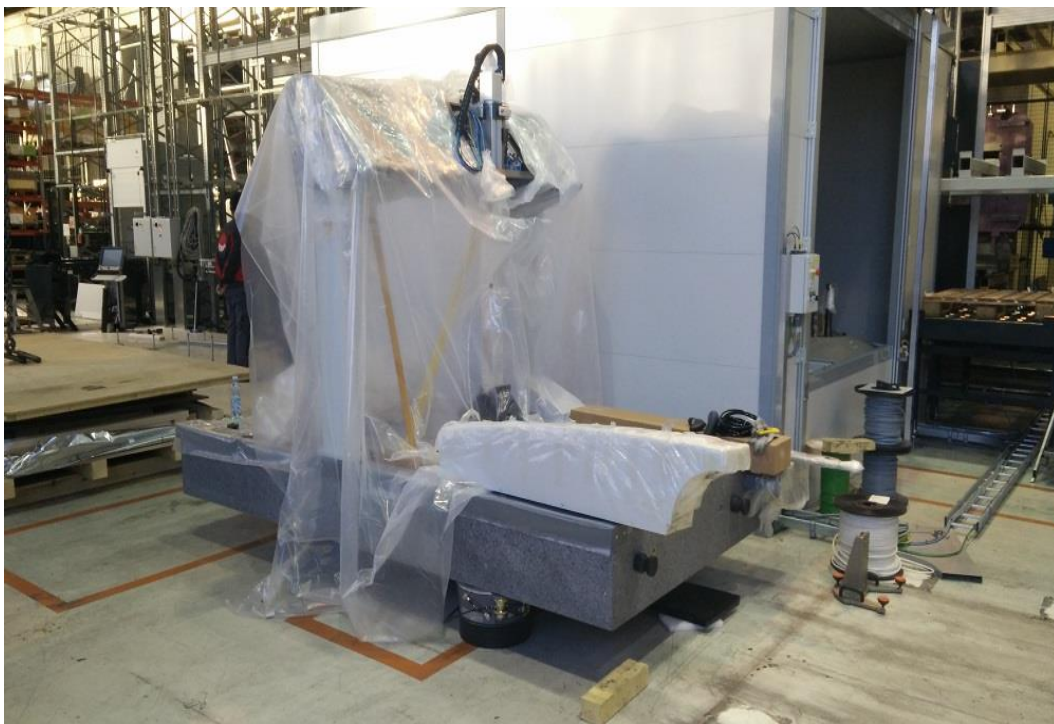
6.2.1 Mittauskoneen asennus

Mittauskoneen mekaaninen asennus suoritettiin mittauskonetoimittajan toimesta. Asennus aloitettiin purkamalla mittauskonetoimittajan pakkauslaatikoita. Itse isohko mittauskonekin oli pakattu vanerilaatikkoon. Laatikoiden purkamisen jälkeen mittailtiin koneen oikea sijainti tulevaan mittahuoneeseen tarkasti, jonka jälkeen aloitettiin koneen alle tulevien ilmatyynyjen asennus (**Kuva 1.**). Ilmatyynyt vaimentavat koneeseen lattiasta kohdistuvia värinöitä, jotka heikentäisivät mittaustulosten luotettavuutta. Kone nostettiin kolmen(3) ilmatyynyn päälle (**Kuva 2.**), sen jälkeen aloitettiin irtonaisten suojien ja z-akselin kaapelikiskon asennus.

Tämän jälkeen kytkettiin paineilma ja sähkökaappi koneen liittimiin. Koneesta poistettiin kuljetuksenaikaiset tukirakenteet, minkä jälkeen koneen x-, y- ja z-akseleita pystytään liikuttelemaan käsin. Tämän jälkeen koneen ohjainpaneeli sekä akseleiden lämpötila-anturit asennettiin paikoilleen. Kun koneen mekaaniset asennukset saatiin suoritettua, niin kytkimme mittakoneen käyttöä ohjaavan tietokoneen kiinni mittakoneeseen. Heti alkuvaiheessa huomattiin, että kaikki lämpötila-anturit eivät toimi kuten pitää, nämä saatiin toimimaan Saksasta saamiemme ohjeiden perusteella.



Kuvio 1. Ilmatyyny asennettuna.



Kuvio 2. Mittauskone asennettu ilmatyynyjen varaan.

6.2.2 Mittahuoneen asennus

Koneen ”raaka-asennuksen” jälkeen koneen ympärille rakennettiin mittahuone (**Kuvat 3. ja 4.**). Sillä pystytään eliminoimaan turhaa pölyä ja likaa joutumasta mittakoneeseen. Mittahuoneeseen tuli myös ilmastointi, tällöin lämpötila pystytään pitämään riittävän stabiilina.

Mittahuoneen rakentamisessa tuli käyttää suurta varovaisuutta, koska herkkää ja tarkkaa mittauskonetta ei saanut kolhia. Huoneen asennus sujui mallikkaasti. Sisälle asennettiin sähköt valaisimille sekä tarvittavat pistorasiat mittauskoneelle, palettiradalle ja tietokoneille. Huoneeseen asennettiin ilmalämpöpumppu pitämään lämpötilaa stabiilina.

Liikkeelle lähdetään siitä, että yritämme pitää huoneen lämpötilan samana kuin ympäröivässä hallissa. Koska jos huoneessa sisällä on tasan 20 astetta ja hallissa

vaikka 23 astetta, niin mittahuoneen lämpötila vaihtelee jatkuvasti johtuen lastausrobotin oven avautumisista pienellä aikavälillä.

Huoneen oveen asennettiin ”hätkätkaisin”, jonka tehtävänä on hidastaa mittakoneen nopeus maksimissaan 100mm/s nopeuteen, kun ovi avataan. Koneella normaalisti ajetaan 3-400mm/s nopeudella (maksiminopeus tällä koneella on huimat 800mm/s). Samalla oven avaus eliminoi robotin lastaamasta/purkamasta mittakonetta. Eli käytännössä robotti hoitaa mittakonetta ainoastaan kun huoneessa ei ole henkilöitä, huoneen ovi on kiinni ja hälytys kuitattu sekä ovipainikkeista että robottisolun ohjainjärjestelmästä, mikä sijaitsee mittahuoneen vieressä. Tämä kaikki on turvallisuuteen liittyvää. Järjestelmällä pyritään eliminoimaan henkilöihin kohdistuvat tapaturmat.



Kuvio 3. Mittahuone rakenteilla.



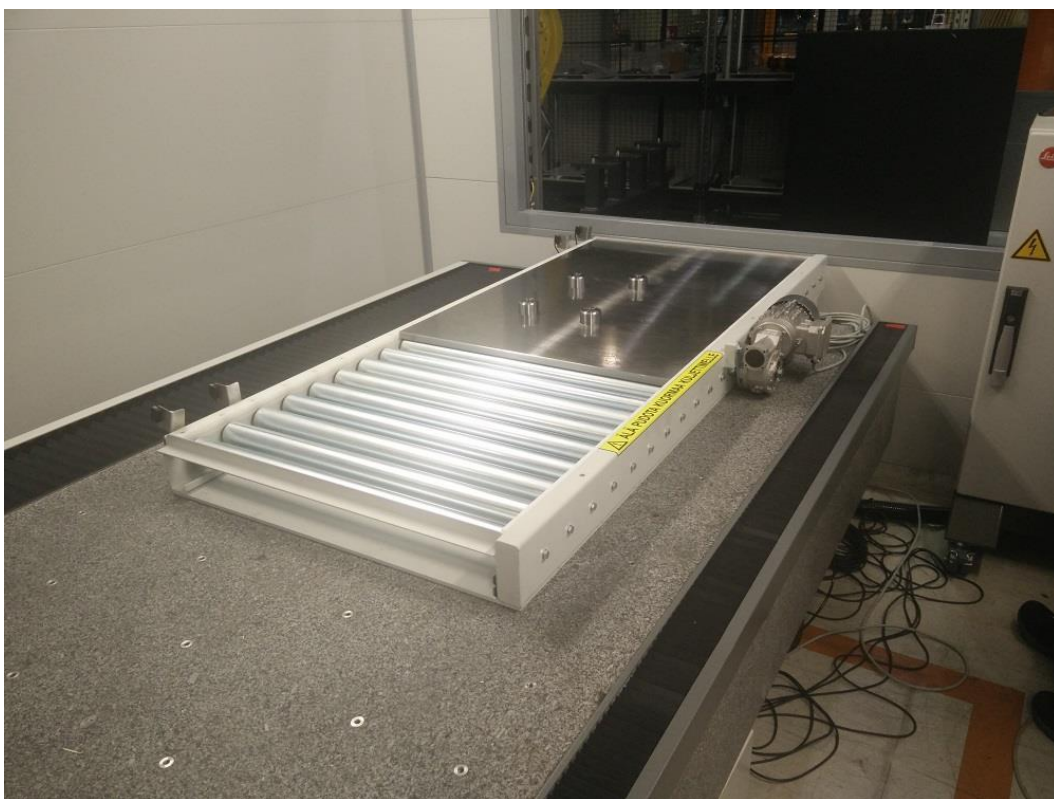
Kuvio 4. Mittaushuone asennettuna.

6.2.3 Palettiradan asennus

Palettirata asennettiin suoraan mittauskoneen kivitason päälle ja kiinnitettiin ruuveilla kivitasossa oleviin kiinnitysreikiin. (**Kuva 5.**) Radan päälle tuli yksi paletti, jota ohjataan mittakoneella. Eli kun robotti on nostanut kappaleen paletin päälle, antaa robotti käskyn mittakoneelle siirtää paletti rataa pitkin mittaus-asemaan. Kun kappale on valmistunut mittauksesta, siirtää mittakone paletin radalla robotin latausasemaan, missä robotti poistaa mitatun kappaleen ja tuo mittamattoman tilalle.

Rata jätettiin vielä tässä vaiheessa kytkemättä järjestelmään, koska tämän kytkennän teki mittauskonetoimittajan edustaja. Toimittaja on suunnitellut radan logiikkaohjauksen, joka toimii yhteydessä mittauskoneen sekä robotin kanssa. Radan logiikka-ohjauksessa on monia ehtolauseita. Paletin pystyy ajamaan mittaus-asemaan ainoastaan mittauskoneen ollessa PARK-asemassa, samoin kun ulos mit-

tauksesta. Tällä on pyritty eliminoimaan mittauskoneen ja palettiradan liikkeestä aiheutuvat törmäykset. Eli mittakoneen täytyy olla määrättyssä paikassa ennen kuin palettirataa pystyy käyttämään. Palettirataa jouduttiin siirtämään alkuperäisestä paikasta vähän kesemmälle mittauskoneen kivitasolla. Tämä jouduttiin tekemään siksi, että saadaan robotille tila riittämään kappaleen lastauksessa paletille. Aikaimmin robotin tarttuja ei mahtunut paletin ja mittaushuoneen seinän väliin.



Kuvio 5. Palettirata ja paletti asennettuna mittauskoneen pöydälle.

6.3 Mittauskoneen kalibrointi sekä käyttöönotto

Mittauskoneen kalibroinnin sekä käyttöönoton suoritti myös toimittajan edustaja. Kalibrointi suoritettiin mittauskonevalmistajan standardin mukaisesti x-,y- ja z-suunnassa, kaikki kahdesta eri sijainnista mittausalueella. (**Kuva 6.**) Sen lisäksi x-,y- ja z-suunta (**Kuva 7.**) mittauskoneen kivipöydän jokaisessa kulmasta, sisältä ulospäin mitaten.

Kalibrointiin käytettiin Koba 920mm porrasmittasauvaa. X-suunnassa yhdistettiin kaksi erillistä mittausaluetta yhdeksi, tällöin saatiin 920mm mittausalue tuplattua. Tämä tehdään sen vuoksi, että 2 metriä pitkää mittasauvaa on todella hankala kuljettaa mukana koneita kalibroitaessa.

Mittakoneen käyttöönottokalibrointiin kuului myös pinnankarheusmittapään kalibrointi. Tässä ilmeni ongelmia, kun emme saaneet muodostettua yhteyttä mittapään ja tietokoneen välille. Yhteys on bluetooth-yhteys. Tulimme siihen tulokseen, että mittakonetoimittajalla oli jäänyt toimittamatta bluetooth-lähettimen ajurit-levyke. Levykkeen saatuaan asentaja tuli jatkamaan pinnankarheusmittarin asennusta. Oli selvinnyt, että Bluetooth-vastaanotin oli kytketty virheellisesti mittauskoneen käyttävän tietokoneen usb-liittimeen, mutta se pitikin kytkeä mittauskoneen sähkökaapin usb-liitokseen.

Tämä virheellinen asennus johtui siitä, että aikaisemmin (asentajan käydessä kursilla asiasta) oli vastaanotin kytketty suoraan tietokoneeseen. Myöhemmin vasta muuttunut siten, että vastaanotin kytketään suoraan sähkökaappiin.



Kuvio 6. Kalibrointia x-suunnassa.



Kuvio 7. Kalibrointia x, y ja z-suunnassa.

6.4 Mittausohjelmien luominen

Mittausohjelmissa hyödynnettiin jo olemassa olevia ohjelmia, jotka kuitenkin vaativat täydellisen läpikäynnin QDMS-järjestelmään liitettävien tulosten sekä turhien liikkeiden poistamisesta ja mittauksen optimoinnista johtuen.

Lähes projektin alusta lähtien oli ollut selvillä, että kappaleet tulevat olemaan samassa asennossa mittauskoneella kuin aikaisemmissankin mittauksissa vanhoilla mittauskoneilla. Yllätyksenä tulikin, että kappaleet olivat 180-astetta eri asennossa kuin mihin vanhat ohjelmat olivat tehty. Tämä meinasi aiheuttaa runsaasti ylimääräistä työtä. Lähdin kuitenkin kokeilemaan mittaamista jo olemassa olevalla ohjelmalla, ja totesin, että mittaukset saadaan onnistumaan pelkästään mittakärkiä muuttamalla. Aluksi oli ajatuksissa, että myös koordinaatistoa pitää kääntää, mutta tätä ei kuitenkaan tarvinnut tehdä.

Mittausohjelma saatiin toimimaan täysin automaattisesti, jolloin robotti tuo mittauskoneelle koneistetun, jäystetyn sekä puhtaaksi pestyn kappaleen. Robotti asettaa kappaleen paletille, jonka rata siirtää mittausasemaan. Tämän jälkeen mittauskone lukee robottisolun järjestelmästä mitattavan kappaleen materiaalinumeron, valunumeron, koneistuskeskuksen sekä muita jäljitettävyyteen tarvittavia asioita. Tämän käyttöönotto oli hieman hankala asia, johtuen siitä, että toimittajan edustaja ei ollut ymmärtänyt ihan kaikkea vaadittavia asioita selvästi.

Kun mittausohjelma on saanut kappaleen mitattua, siirtyy mittauskone PARK asemaan jolloin mittausohjelmisto lähettää robotille tiedon että onko kappale hyvä vai huono. Kappale määritellään tässä vaiheessa huonoksi, jos mittausdatassa on yksikin toleranssiylitys. Samalla robotti saa käskyn noutaa kappaleen pois mittauskoneelta.

Robotti kääntää virheelliset kappaleet eri asentoon kuin hyvät. Tällöin mittauksen jälkeen työskentelevien henkilöiden on helppo huomata, että onko kappale määrittysten mukainen.

Alussa kappaleen mittausaika oli liian pitkä tuotteelle, koska tällä mittausajalla mittauskone ei pysty kuromaan kiinni mahdollisia viivästyneitä kappaleita, vain menisi niin sanotusti kädestä suuhun. Eli mittausohjelmaa oli saatava nopeammaksi. Mittausohjelman nopeuttamiseksi muutin lähestymispisteitä sekä optimoin mittausnopeuksia ja pisteitä, jolla saatiin mittausaika tippumaan huomattavasti.

6.5 Pinnankarheusmittaus

Mittakoneessa kiinteästi oleva pinnankarheusmittari oli uusi asia mittauskoneen toimittajalle, ohjelmistoille sekä meille Wärtsilässä (Otettu käyttöön keväällä 2015 kyseisellä mittauskonevalmistajalla).

Pinnankarheusmittarin asentamisessa oli heti pieni ongelma, minkä selvittämiseen meni hiukan aikaa. Pinnankarheusmittari keskustelee mittauskoneen kanssa bluetoot-yhteydellä, ja tämän yhteyden saamiseksi oli alussa ongelmia.

Mittauskonetoimittajan asentaja oli käynyt pinnankarheusmittariin liittyvät kurssin Saksassa aikaisemmin, tämän yhteydessä vastaanottimen antenni oli asennettu mittauskonetta käyttävään tietokoneeseen, kun taas tässä mallissa antenni pitikin asentaa suoraan mittauskoneen sähkökaapin usb-liittimeen.

Tämän jälkeen saimme kuitenkin pinnankarheusmittauksen toimimaan hienosti, kunnes myöhemmin automaattiajoon tehtyjen ohjelmistomuutosten vuoksi jokin parametri oli jäänyt huomaamatta ja pinnankarheusmittaus oli lakannut toimimasta.

Mittauskonetoimittajan asentaja tuli käymään tehtaalla ja sai muutettua vaadittavat parametrit oikeiksi, jonka jälkeen saimme pinnankarheusmittauksen taas toimintakuntoon.

6.6 QDMS-interface

Mittauskone tallentaa automaattisesti tulokset suoraan Wärtsilän QDMS (Quality Data Management System)-järjestelmään. Tähän ei ollut markkinoilla saatavilla

valmista ohjelmistoa, vaan se jouduttiin rakentamaan yhteistyössä mittauskone-toimittajan kanssa. Tämä asia vaikutti alkuun yksinkertaiselta asialta, mutta asennusten edetessä huomasimme, että tämä QDMS-interface oli haasteellinen.

6.7 SPC

Wärtsilän mittauskoneeseen tuli myös SPC-statistiikkapaketti, minkä avulla on tarkoitus kerätä mittausdataa mitatuista kappaleista. Näiden mittauksen ja datan perusteella tullaan jatkossa määrittämään, esimerkiksi työstökoneiden teräpalojen vaihtojankohdat jne. Tämä ohjelmisto ei ollut suoraan valmis Wärtsilän tarpeisiin, vaan vaatii muutoksia siten, että se saadaan näkymään suoraan työstökoneen käyttäjien tietokoneille. Vakiona ohjelmistoa pystyy tarkastelemaan ainoastaan mittauskoneen omalta tietokoneelta. Tämä ei oikein soveltunut automaattikäytössä olevaan mittauskoneeseen. Eli ohjelmaan tehdään toimittajan puolella muutoksia, että saataisiin se soveltumaan Wärtsilän tarpeisiin.

7 YHTEENVETO

7.1 Työn tulokset

Opinnäytetyön tuloksena saatiin toimiva automaattinen mittausjärjestelmä, joka toimii luotettavasti täysin automaattisesti koneistuskeskuksien, robottien, FMS-järjestelmän sekä pesukoneiden kanssa. Robottisolu ohjaa mittauskoneen toimintaa, lataa sekä purkaa mittauskonetta. Mittauskone kertoo robottisolun ohjelmistolle onko mitattu kappale hyvä vai virheellinen, ja robottisolun ohjelmisto käsittelee mitatun kappaleen sen perusteella mitä mittauskone järjestelmälle kertoo. Haasteita työssä tuli muutamia vastaan. Näistä esimerkkinä mitattavan kappaleen lämpötilan mittaaminen lämpötila-anturilla. Wärtsilän tarpeena olisi saada mitattua kappaleen lämpötilaa välillä 20-30 celsiusastetta. Myös pinnankarheusmittarin QSMS-interfacen sekä SPC-statistiikan kanssa oli haasteita.

7.2 Jatkokehittely

Jatkokehitystoimenpiteitä on tällaisessa järjestelmässä runsaasti. Yksi asia lienee täysin automaattisesti toimivan mittauskärkien kalibrointiohjelman luominen siten, että se ei vaadi käyttäjältä toimenpiteitä, vaan toimii jollain laskurilla, esim. 10 mitatun kappaleen välein mittauskone automaattisesti kävisi kalibroimassa mittakärjet. Toinen asia olisi sellainen, että tarpeen mukaan pystyttäisiin mittaamaan joko lyhennetyllä mittausohjelmistolla tai täysimittaisella. Tietenkin siten, että järjestelmä tekisi sen automaattisesti.

LÄHTEET

/1/ Wärtsilä Internet Viitattu 9.11.2015 <http://www.wartsila.com/fi/wartsila>

/2/ Tikka, H 2007, Koordinaattimittaus. Tampere. Juvenes Print.

LIITE 1

1(2)

Mittausohjelman rakennetta

!*****

! T-ASEMA

!100:STOP

SETCMPAR (MSP=(200,200,200), POF=6.00, PLI=20.00)

USEPRB (NAM=PRB(22))

! TASO

MEPLA (NAM=PLA(1), CSY=REFR\$CSY, MOD=NOE, ITY=GSS,
DEL=N)

!MITTAA HALK. 116MM -Y PUOLELLA

MECIR (NAM=C_116, CSY=REFR\$CSY, MOD=NOE, DEL=N)

!MITTAA HALK. 116MM +Y PUOLELLA

MECIR (NAM=C_116_2, CSY=REFR\$CSY, MOD=NOE, DEL=N)

COLPTS (NAM=AX_116, CSY=REFR\$CSY, DEL=Y, ELE=(C_116,
C_116_2), TYP=AXI, EVA=N)

!MITTAA KESKIIHALK.53H7

MECIR (NAM=CIR(1), CSY=REFR\$CSY, MOD=NOE, DEL=N)

BLDCSY (NAM=CSY(1), TYP=CAR, SPA=PLA(1), SDR=+X,
PLA=AX_116, PDR=+Y, XZE=PLA(1), YZE=CIR(1), ZZE=CIR(1), CAD=Y)

!*****

! OHJELMA ALKAA TÄSTÄ

SETCMPAR (MSP=(400,400,400), POF=0.30, PLI=10.00)

INDPRC (NAM=WKP_Strings)

START (RPO=Y, TOP=N, EDT=N)

LIITE 1

2(2)

SET (NAM=EVA\$CTRL, RVL=3, SVL=' N', GRP=3, DBS=LDB)
 DSBSYS (NAM=GFONLY)
 !START (WKP=, RPO=Y, TOP=N, EDT=Y)
 !DSBSYS (NAM=MEAS)
 !ENBSYS (NAM=MEAS)
 USEPRB (NAM=PRB(22))
 TEXT (STR=PALOTILAN TASON TASOMAIUSUUS)
 !GENCIR (NAM=PLA(2), XCO=0, YCO=0, ZCO=0, DIA=390, NPT=5,
 PLA=YZ, INO=P, MIP=40, MXP=320, PDI=5, CSY=CSY(1), ZVL=30, DEL=Y,
 RTP=0)
 !GENCIR (NAM=PLA(2), XCO=0, YCO=0, ZCO=0, DIA=370, NPT=5,
 PLA=YZ, INO=P, MIP=0, MXP=360, PDI=5, CSY=CSY(1), ZVL=30, DEL=N,
 RTP=0)
 MEPLA (NAM=PLA(2), CSY=CSY(1), ITY=GSS)
 GENSCACIR (NAM=PLANE_SCANN, PLA=YZ, INO=P, TYP=SCA,
 XCO=0, YCO=0, ZCO=0, DIA=380, DNS=5, SPD=20.0, ZVL=20, PDI=5.0,
 MIP=0, MXP=359, FLT=0, NBT=2, RST=2, CSY=CSY(1))
 MEPLA (NAM=PLANE_SCANN, CSY=CSY(1), ITY=GSS)
 !GENCIR (NAM=CIR_53, XCO=-8, YCO=0, ZCO=0, DIA=53, NPT=8,
 PLA=YZ, INO=I, MIP=0, MXP=360, CSY=CSY(1), ZVL=20, DEL=Y, RTP=0)
 !GENCIR (NAM=CIR_53_2, XCO=-10, YCO=0, ZCO=0, DIA=53,
 NPT=8, PLA=YZ, INO=I, MIP=0, MXP=360, CSY=CSY(1), ZVL=20, DEL=Y,
 RTP=0)
 MECIR (NAM=CIR_53, CSY=CSY(1), MOD=NOE, ITY=GSS)
 MECIR (NAM=CIR_53_2, CSY=CSY(1), MOD=NOE, ITY=GSS)
 MECYL (NAM=CYL_53, CSY=CSY(1), ITY=GSS)

